

Requested Patent: JP8250405A  
Title: METHOD FOR CHECKING X-RAY MASK ;  
Abstracted Patent: JP8250405 ;  
Publication Date: 1996-09-27 ;  
Inventor(s): SEKIMOTO MISAO; MATSUDA KOREHITO ;  
Applicant(s): NIPPON TELEGR & TELEPH CORP It;NTTgt; ;  
Application Number: JP19950079401 19950313 ;  
Priority Number(s): ;  
IPC Classification: H01L21/027 ; G01B15/00 ; G01N23/18 ;  
Equivalents:

**ABSTRACT:**

**PURPOSE:** To easily detect micro-defects which cannot be detected by a direct X-ray mask checking.

**CONSTITUTION:** Two inverted transfer images 110 and 120 are formed on the same substrate by an inversion transfer method using X-ray masks 100 and 200 made by same design data. Because the value of the signal of secondary electrons from a normal pattern is greatly different from the value of a defective transfer, the defective transfer can be detected by a relative comparison of those.

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-250405

(43)公開日 平成8年(1996)9月27日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 3 1 M
G 0 1 B 15/00			G 0 1 B 15/00	A
G 0 1 N 23/18			G 0 1 N 23/18	
			H 0 1 L 21/30	5 0 2 V

審査請求 未請求 請求項の数 7 F D (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平7-79401

(22)出願日 平成7年(1995)3月13日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 関本 美佐雄

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 松田 維人

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

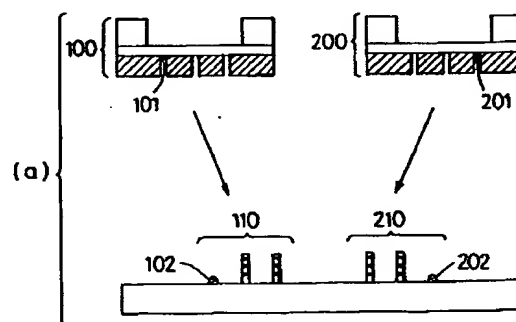
(74)代理人 弁理士 高山 敏夫 (外1名)

(54)【発明の名称】 X線マスク検査法

(57)【要約】

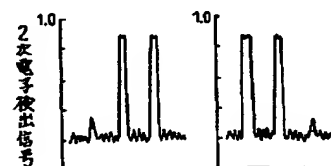
【目的】 X線マスク直接検査では、検出困難な微小欠陥を容易に検出することを可能とすること

【構成】 同一設計データより作成したX線マスク100と200を用い、同一ウエハ上に反転転写法によって2つの反転転写像110と210を作成する。正常パターンからの2次電子信号値と転写欠陥からの値は著しく異なるため、両者を相対比較して転写欠陥を検出することができる。



100 ... X線マスクA  
110 ... 反転転写像A1  
200 ... X線マスクB  
210 ... 反転転写像B1  
101, 201 ... 欠陥  
102, 202 ... 転写欠陥

(b)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 同一設計データに基づいて作成された複数のマスクを用いて、各マスクの反転転写像を形成し、各反転転写像間で互に対応する領域を比較検査することを特徴とするX線マスク検査法。

【請求項2】 同一設計データに基づいて作成された複数のマスクを用いて、各マスクの反転転写像を各々複数個づつ同一基板上に形成する工程と、異なるマスクの反転転写像間で互に対応する領域を比較検査する第1の検査工程と、

同一マスクの反転転写像間で互に対応する領域を比較する第2の検査工程とから成ることを特徴とするX線マスク検査法。

【請求項3】 異なるマスクの反転転写像間で互に対応する領域を比較検査した後、同一マスクの反転転写像間で互に対応する領域を比較検査することを特徴とする請求項2記載のX線マスク検査法。

【請求項4】 異なるマスクの反転転写像間で互に対応する領域を比較検査して差異のある領域を抽出し、該抽出した領域のみについて、同一マスクの反転転写像間で互に対応する領域を比較検査することを特徴とする請求項3記載のX線マスク検査法。

【請求項5】 マスクの設計データを反転させた反転設計データと、マスクの反転転写像間で互に対応する領域を比較検査することを特徴とするX線マスク検査法。

【請求項6】 マスクの設計データを反転させた反転設計データを作成する工程と、マスクの反転転写像を同一基板上に複数個形成する工程と、反転設計データと1つの反転転写像間で互に対応する領域を比較検査する第1の検査工程と、

同一マスクの反転転写像間で互に対応する領域を比較する第2の検査工程とから成ることを特徴とするX線マスク検査法。

【請求項7】 反転設計データと1つの反転転写像間で互に対応する領域を比較検査して差異のある領域を抽出した後、該抽出した領域のみにおいて、同一マスクの反転転写像間で互に対応する領域を比較検査することを特徴とする請求項6記載のX線マスク検査法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体集積回路デバイス製造に使用するX線マスクのボタン検査に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 X線露光法は、 $0.2\mu\text{m}$ オーダの微細ボタンを転写できる有望な技術である。しかし、X線露光法ではX線マスク検査が非常に難しいという問題を解決しなければならない。その大きな理由は、ホトマスク検査では全く問題とならなかった $0.1\mu\text{m}$ 以下の微小欠

陥をX線マスク上で確実に検出しなければならないからである。最近、X線マスク検査用に電子線を光源とし2次電子信号から欠陥検出を行う高分解能の検査装置が開発された。しかし、一般的に、検査装置による欠陥検出性能はボタン種や試料条件（導電性・ボタンのアスペクト比）等が大きく影響され、例えば、微小孔ボタンは他のボタン種（Lineボタン等）より検査が難しいことが知られている。この原因は、凹型形状で面積が非常に小さいことと考えられる。図1に、微小孔ボタンを有するX線マスクの電子線照射による2次電子検出系及び検出例を示す。(a)は、微小孔ボタンを有するX線マスク及び2次電子検出系、(b)は、同X線マスクからの2次電子信号検出例である。ここで、1はX線マスク、2は孔ボタン、3は入射電子線、4は2次電子、5は2次電子検出器である。図1(a)に示すように、X線マスク1に形成した微小孔ボタン2に電子線3を走査し、同表面から発生する2次電子4を2次電子検出器5で測定すると、図1(b)に示すような2次電子信号が得られる。2次電子信号(図1(b))は、ボタンエッチにおいて大きく増加するが孔ボタン内では逆に減少し大きな信号が得られない。これは、孔ボタン内で発生した2次電子の殆どが近接するボタン側壁に衝突し吸収され2次電子検出器に到達できないためである。このように凹型ボタンでは大きな信号が得られず、その結果、X線マスク上の凹ボタンの検査は非常に難しいと言える。従って、このような凹ボタンに対しても検出感度の高い検査法を開発することが望まれている。一方、上記のようなX線マスク自体を検査対象とするマスク直接検査法では、例えば、孔ボタン底部に残存した致命的欠陥を検出できないという問題点がある。従って、この問題も早急に解決することが望まれている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、上記課題を解決するために提案されたもので、X線マスク上の検出感度の低いマスクボタンを直接検査する代わりに、X線露光法等により検査の容易なボタンに変換し、それを検査対象することによって、マスク直接検査では検出困難な微小欠陥を容易に検出することを可能とさせる。また、転写ボタンに対する新しい検査法を工夫することによって、マスク欠陥と他の欠陥（プロセス欠陥）の正確な区別を可能とさせることを目的とするものである。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明は、上記目的を達成するために、検査の難しい凹型ボタン（例えば、孔ボタン）を有するX線マスクの欠陥検査において、X線露光による凹凸反転技術を用いることによってウエハ上に凸型のボタン（柱ボタンなど）を形成し、該反転転写像を検査対象とすることを大きな特徴とするものである。具体的には、

(1) 同一設計データに基づいて作成された複数のマス

3

クを用いて、各マスクの反転転写像を形成し、各反転転写像間で互に対応する領域を比較検査することを特徴とするX線マスク検査法。

(2) 同一設計データに基づいて作成された複数のマスクを用いて、各マスクの反転転写像を各々複数個づつ同一基板上に形成する工程と、異なるマスクの反転転写像間で互に対応する領域を比較検査する第1の検査工程と、同一マスクの反転転写像間で互に対応する領域を比較する第2の検査工程とから成ることを特徴とするX線マスク検査法。

(3) 異なるマスクの反転転写像間で互に対応する領域を比較検査した後、同一マスクの反転転写像間で互に対応する領域を比較検査することを特徴とする

(2) 記載のX線マスク検査法。

(4) 異なるマスクの反転転写像間で互に対応する領域を比較検査して差異のある領域を抽出し、該抽出した領域のみについて、同一マスクの反転転写像間で互に対応する領域を比較検査することを特徴とする(3)記載のX線マスク検査法。

(5) マスクの設計データを反転させた反転設計データと、マスクの反転転写像間で互に対応する領域を比較検査することを特徴とするX線マスク検査法。

(6) マスクの設計データを反転させた反転設計データを作成する工程と、マスクの反転転写像を同一基板上に複数個形成する工程と、反転設計データと1つの反転転写像間で互に対応する領域を比較検査する第1の検査工程と、同一マスクの反転転写像間で互に対応する領域を比較する第2の検査工程とから成ることを特徴とするX線マスク検査法。

(7) 反転設計データと1つの反転転写像間で互に対応する領域を比較検査して差異のある領域を抽出した後、該抽出した領域のみにおいて、同一マスクの反転転写像間で互に対応する領域を比較検査することを特徴とする(6)記載のX線マスク検査法。を発明の特徴とする。なお、凹凸反転技術としては、上述した反転露光法だけでなくリフトオフ法などもあることは言うまでもなく、本発明は反転露光法に限るものではない。

【0005】

【作用】検査対象を凹型ボタンから凸型ボタンに変換させることにより、従来より高感度な検査を可能とし、また、同一マスクを転写して形成した2つの転写像同士を比較する検査工程を導入することにより、転写工程で混入するプロセス欠陥とX線マスクに起因するマスク欠陥を選別することを可能とする。

【0006】図2では、反転転写ボタン形成法と反転転写ボタンについて述べる。(a)は、ネガレジストを用いたX線露光法による反転ボタン形成法の模式図、

(b)は、反転転写法により実現された柱状レジストボタンの例である。ここで、21はX線マスク、22は微小孔ボタン、23はウエハ基板、24はネガ型レジス

4

ト、25は軟X線束、26は反転転写された柱状レジストボタンである。反転転写は、図2(a)に示すようにX線マスク21と、ネガ型レジスト24を塗布したウエハ23を微小間隔(10~40μm)で対向させ、X線マスク上方から軟X線束25を照射することによって行う。この結果、X線マスク上の孔ボタン22に対応したレジスト上の微小円形領域だけにX線が照射されることになる。ネガ型レジストは、被X線照射領域が架橋反応を起こし不溶解性に変化するため、レジスト現像・リンス処理等を施すと不溶解化領域のレジストだけがボタンとして残り、図2(b)に示すように孔ボタンの反転像である柱状レジストボタン26がウエハ上に形成できることになる。

【0007】図3(a)(b)は、上記の柱状レジストボタンに対する電子線照射による2次電子検出系の模式図、および2次電子信号検出例である。ここで、31はウエハ基板、32は柱状レジストボタン、33は入射電子線、34は転写ボタンから発生した2次電子、35は2次電子検出器である。図3(a)に示すように、ウエハ基板3の微小柱状ボタン32に電子線33を照射すると、同表面から多くの2次電子34が発生し2次電子検出器35に到達することになる。図3(b)に示すように柱状ボタンから得られる2次電子信号は、孔ボタンの場合、図1(b)と異なり、ボタン中央においても減少することなく非常に大きな値を示す。この効果は、検査対象のボタン形状を凹型から凸型へ変換したことによって得られたものであり、高感度の検査が可能になることが容易にわかる。

【0008】

【実施例】次に本発明の実施例について説明する。

(実施例1)本発明に関わる第1の実施例として、Die-to-Die比較方式による欠陥検査手順を図4を用いて述べる。図4(a)は、同一設計データにより作成した微小孔ボタンから成るX線マスクAおよびX線マスクBを用い、同一ウエハ上の隣合う位置に既述の反転転写法によって、2つの反転転写像を形成する要領を示す図である。ここで、100はX線マスクA、101はX線マスクAの孔ボタン底の欠陥、102はX線マスクAの孔ボタン欠陥の転写欠陥、110はX線マスクAの反転転写像、200はX線マスクB、201はX線マスクBの孔ボタン底の欠陥、202はX線マスクBの孔ボタン欠陥の転写欠陥、210はX線マスクBの反転転写像である。X線マスクA(100)及びB(200)をネガ型レジストを用いて同一ウエハ上に反転転写し、ウエハ基板上に柱状レジストボタンから成る2つの反転転写像A1(110)及びB1(210)を形成する。この場合、マスク直接検査では検出困難な微小欠陥101及び201が各X線マスクA及びBに存在すると仮定すると、同欠陥の転写欠陥102及び202が各反転転写像A1及びA2内に形成される。

5

【0009】図4(b)は、上記ウエハ基板の2つの反転転写像A1及びB1を検査対象として電子線を照射した場合に検出できる2次電子信号の例である。正常な微小柱状ボタンからは非常に大きい2次電子信号値が検出できるのでに対し、転写欠陥102および202からの2次電子信号値は当然非常に小さくなる。正常ボタンからの2次電子信号値と転写欠陥からの値は著しく異なるため、両者を相対比較(Die-to-Die比較)すれば、転写欠陥102および202を高感度で検出できることになる。この結果、上記転写欠陥の原因であるX線マスク上の欠陥情報(欠陥101及び201)を知ることができる。

【0010】(実施例2)上記実施例1の説明では、転写ボタン内の欠陥はマスク欠陥に起因するものに限定した。しかし、転写工程に起因するプロセス欠陥(パーティクル等)が転写ボタン内に混入した場合、プロセス欠陥とマスク欠陥を区別することが必要である。本実施例2は、上記課題を解決するための検査手順に関するものである。

【0011】図5に、本実施例での欠陥検査に要求されるウエハ基板上への転写像の形成例を示す。要求される条件は、各マスクについて複数個づつの反転転写像を同一ウエハ上に配置することであり、図5は2枚のX線マスクから各2個づつの反転転写像(すなわち、2行2列)を配置した例である。ここで、2つの反転転写像A1(110)及びA2(120)はX線マスクA(100)を反転転写したものであり、また、反転転写像B1(210)及びB2(220)はX線マスクB(200)を反転転写したものである。また、欠陥(102)はX線マスクAのマスク欠陥(101)に起因する転写欠陥であり、2つの反転転写像A1及びA2における同一座標に存在する。また、欠陥(202)はX線マスクBのマスク欠陥(201)に起因する転写欠陥であり、2つの反転転写像B1及びB2における同一座標に存在する。一方、各反転転写像における他の4つの欠陥(115)、(116)、(215)、(216)は転写工程等で混入したプロセス欠陥である。その特徴は、存在する座標がすべて異なるという点である。

【0012】次に、上記の2行2列に配置した反転転写像間で行う2段階のDie-to-Die比較検査の手順について述べる。最初に行う検査工程1は、実施例1で述べたものと同じである。すなわち、異なるマスクの反転転写像、例えば、A1とB1の間で行うDie-to-Die比較である。その結果、4つの欠陥(102)、(202)、(115)、(215)が検出できる。しかし、この検査1では、各欠陥がマスク欠陥に起因する致命的欠陥かプロセス欠陥であるかの区別ができない。そこで、上記欠陥の区別を可能とするために検査工程2を検査工程1の次に導入する。検査工程2では比較対象が同一マスクからの反転転写像であることが、検

6

査工程1と異なる点であり、本実施例2の大きな特徴である。Die-to-Die比較対象は、反転転写像A1とA2の間、または、反転転写像B1とB2の間である。欠陥を区別する論理は以下の通りである。例えば、マスク欠陥に起因する転写欠陥は、同一マスクからの2つの反転転写像では同一座標に存在するため、比較検査では「差異無し」という結果になる。一方、プロセス欠陥は発生位置が異なるため、比較検査では「差異有り」という結果が得られる。従って、上記関係を利用すれば、例えば欠陥102は、反転転写像A1とA2の間の比較検査において「差異無し」の結果が得られるため、X線マスクAの孔ボタン欠陥101に起因する欠陥であると結論づけられる。また同様に、欠陥202はX線マスクBの孔ボタン欠陥201に起因する欠陥であると容易に結論づけられる。一方、欠陥115及び116に対する反転転写像A1とA2の間の比較検査では、「差異有り」という判定結果が得られるため、それらの欠陥は転写工程で混入したプロセス欠陥であると結論づけられる。同様に欠陥215及び216もプロセス欠陥であることが容易にわかる。なおこの説明では、先に検査工程1の比較検査を行いその後検査工程2の比較検査を実施したが、それに限るものではなく逆の順序でも構わない。なお、検査工程1と同様に検査工程2を反転転写像全面で実施しても構わないが、検査工程1で抽出した欠陥データを用いてその位置に限定して実施すれば、検査工程2の検査時間を大幅に短縮できる。

【0013】(実施例3)本発明に関わる第3の実施例として、Die-to-Database比較方式による欠陥検査手順を図6を用いて説明する。Die-to-Database比較検査法の基本原理は、ボタン形成に使用した設計データ(Database)と、同データに基づいて実際に形成したマスクボタンを比較するものである。例えば、孔ボタン等の凹型ボタンに対して検出感度の高い検査を実現するには、反転転写法で作成した凸型の柱状レジストボタンを検査対象とすることが非常に効果的であることは既述した通りである。そこで本実施例は、マスクボタンを反転転写した反転転写レジストボタン像の画像情報と設計データを反転変換した反転設計データから画像情報をDie-to-Database方式で比較して欠陥を検査する方法を提案するものである。図6において、311は反転設計データ、312は反転設計データによるビットマップ、313はX線マスクボタンの反転転写像、314はX線マスク欠陥に発生した反転転写像内の転写欠陥、315は検査装置の電子線源、316は発生した2次電子、317は2次電子検出器、318は反転転写像のビットマップ、319はデータ比較器である。まず、設計ボタンデータを白黒反転した反転設計データ311を作成し、それを画像化処理し上記データからビットマップ情報312を作成する。また、微小孔ボタンから成るX線マスクを反転露

光して柱状ボタンから成る1つの反転転写像313を作成する。なお、反転転写像内にはマスク欠陥に起因する転写欠陥314が存在するとする。次に、反転転写像に欠陥検査用の電子線315を照射して2次電子信号316を発生させ、2次電子検出器317で検出した2次電子像から反転転写像に関するビットマップ318を作成する。最後に、データ比較器319で2つのビットマップ情報312と318を比較し欠陥を検出する。反転転写して作成した凸型の柱状ボタンからは大きく鮮明な2次電子画像が得られるため、Die-to-Database比較検査においても転写欠陥314を高感度で検出できることになる。この結果、転写欠陥314に対応する位置にマスク欠陥が存在することが容易にわかる。

【0014】(実施例4)上記実施例3の比較検査において抽出できる欠陥は、マスク上のマスク欠陥に起因する欠陥だけでなく、転写工程において転写ボタン上に混入するプロセス欠陥(パーティクル等)の場合もある。しかし、実施例3における比較検査ではそれらを区別することはできない。本実施例4は上記課題を解決するためのものであり、マスク欠陥とプロセス欠陥を選別するための検出手順に関するものである。選別法の基本的考え方は実施例2で述べたものと同じであり、同一マスクからの2つの転写ボタンを互いに比較する検査工程2を、実施例3の検査工程1に追加することである。なお、検査工程2における欠陥選別法の原理は、実施例2で既に述べたものと同じであるため、ここでは説明を省略する。検査手順は、まず、反転転写像と反転設計データの間でDie-to-Database比較検査を行い、反転転写像内に存在する総ての欠陥(マスク欠陥とプロセス欠陥)を検出する。次に、前記検査で検出された欠陥データに基づいて2つの反転転写像の間でDie-to-Die方式の比較検査を行う。この2段階の検査手順を施すことによって、検査工程1で検出された欠陥がマスク欠陥に起因する転写欠陥プロセス欠陥を容易に区別することが可能となる。

【0015】なお実施例では、X線マスク上の凹型ボタンは主に孔ボタンとして説明したが、それに限らず溝ボタンにおいても同様の効果があることは言うまでもない。また、反転ボタンとしてネガ型レジストボタンを説明に用いたが、それに限らずレジストボタンをマスクとしてエッチングしたエッチングボタンであっても構わない。また、反転ボタン形成法としてネガ型レジストによる方法を説明に用いたが、レジストボタンをマスクとして行うリフトオフ法などであっても構わない。また、ここではボタン検査光源として電子線を用い2次電子を検出する場合について述べたが、反射電子を検出する場合であっても、また、レーザ等を用い反射光量を検出する場合であっても構わないことは言うまでもない。なお、チャージアップが問題となる検査試料では導電膜被覆処理を施してから検査することは言うまでもない。

【0016】

【発明の効果】以上説明したように、本発明はX線マスク上の凹型ボタンを反転転写することによってウエハ上に凸形の反転転写ボタンを形成しそれを検査対象としてボタン検査を行う方法である。この結果、大きな2次電子信号が得られ高感度のボタン検査が可能という大きな利点がある。また、2段階の検査工程を導入することによって、マスク欠陥とプロセス欠陥の選別が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は、微小孔ボタンを有するX線マスク及び2次電子検出系の説明図である。(b)は、2次電子信号検出例である。

【図2】(a)は、ネガレジストを用いたX線露光による反転転写法の模式図である。(b)は、反転転写法により形成する柱状レジストボタンである。

【図3】(a)は、柱状ボタンに対する電子線照射による2次電子検出系の模式図である。(b)は2次電子信号検出例である。

【図4】(a)は、実施例1に関する2枚のX線マスクA及びBによる2つの反転転写像形成法の例である。

(b)は、2つの反転転写像から得られる2次電子信号の比較例である。

【図5】実施例2の説明に用いる2行2列の反転転写像の配置図である。

【図6】本発明に関わる第3の実施例を説明する図である。

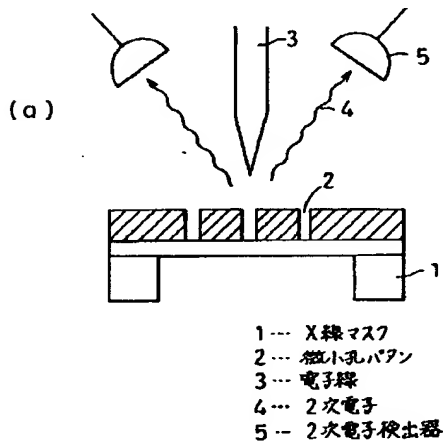
【符号の説明】

- |     |                        |
|-----|------------------------|
| 1   | X線マスク                  |
| 2   | 孔ボタン                   |
| 3   | 入射電子線                  |
| 4   | 2次電子                   |
| 5   | 2次電子検出器                |
| 21  | X線マスク                  |
| 22  | 微小孔ボタン                 |
| 23  | ウエハ基板                  |
| 24  | ネガ型レジスト                |
| 25  | 軟X線束                   |
| 26  | 反転転写された柱状レジストボタン       |
| 31  | ウエハ基板                  |
| 32  | 柱状レジストボタン              |
| 33  | 入射電子線                  |
| 34  | 転写ボタンから発生した2次電子        |
| 35  | 2次電子検出器                |
| 100 | X線マスクA                 |
| 101 | X線マスクAの孔ボタン底の欠陥        |
| 102 | X線マスクAの孔ボタン欠陥による反転転写欠陥 |
| 110 | X線マスクAの反転転写像           |
| 200 | X線マスクB                 |

9

- 201 X線マスクBの孔パタン底の欠陥  
 202 X線マスクBの孔パタン欠陥による反転転写欠陥  
 210 X線マスクBの反転転写像  
 110, 120 X線マスクAからの反転転写像A1及びA2  
 210, 220 X線マスクBからの反転転写像B1及びB2  
 102 X線マスクAのマスク欠陥に起因する転写欠陥  
 202 X線マスクBのマスク欠陥に起因する転写欠陥

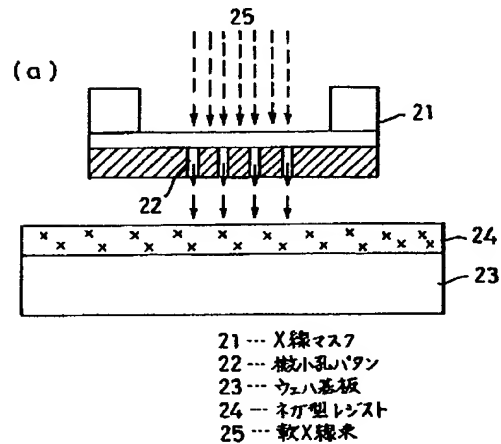
【図1】



10

- 115, 116, 215, 216 各反転転写像に存在するプロセス欠陥  
 311 反転設計データ  
 312 反転設計データによるビットマップ  
 313 X線マスクパタンの反転転写像  
 314 X線マスク欠陥に発生した反転転写像内の転写欠陥  
 315 検査装置の電子線源  
 316 発生した22  
 317 2次電子検出器  
 318 反転転写像のビットマップ  
 319 データ比較器

【図2】

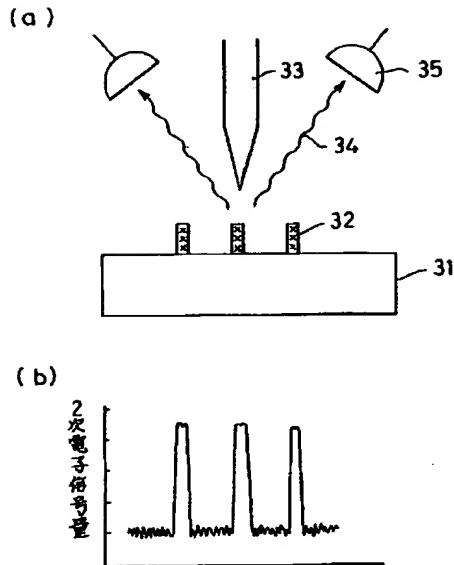


(b)

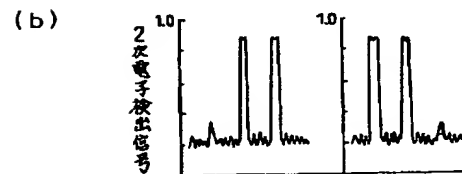
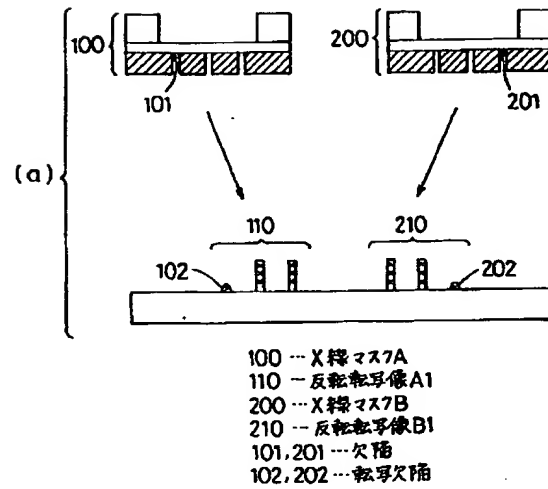


26...反転転写された位相レジストパタン

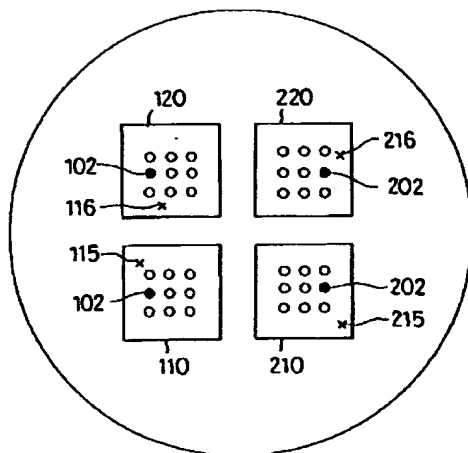
【図3】



【図4】



【図5】



102, 202 --- 転写欠陥  
115, 116, 215, 216 --- プロセス欠陥  
110 --- X線マスクAの反転転写像A1  
120 --- X線マスクAの反転転写像A2  
210 --- X線マスクBの反転転写像B1  
220 --- X線マスクBの反転転写像B2

【図6】

